

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ НОВОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ «Ni-Cr-Mo» С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА

Дедов К.В.^{1*}, Асеев М.А.², Гибадуллина А.Ф.¹, Пантюхин А.П.²,
Жиляков А.Ю.¹, Половов И.Б.¹, Беликов С.В.², Шевакин А.Ф.¹, Ребрин О.И.¹

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии
имени И.П. Бардина», г. Москва, Россия

*E-mail: kdedof@mail.ru

INVESTIGATION OF THERMAL STABILITY OF THE NEW ALLOY BASED ON «Ni-Cr-Mo» SYSTEM WITH LOW CARBON CONTENT

Dedov K.V.^{1*}, Aseev M.A.², Gibadullina A.F.¹, Pantyukhin A.P.²,
Zhilyakov A.Yu.¹, Polovov I.B.¹, Belikov S.V.², Shevakin A.F.¹, Rebrin O.I.¹

¹⁾ Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²⁾ FSUE I.P. Bardin Central Research Institute for Ferrous Metallurgy, Moscow, Russia

The thermal stability of new Ni-based alloy with low carbon content was investigated. It was shown that formation of carbide phases does not take place. Phase structure of excessive carbide phases was characterized. The constructed «time – temperature – precipitation» diagram allows to determine the maximal temperature and time of alloy's operation in contact with molten salts.

Энергетические реакторы на быстрых нейтронах с активной зоной и теплоносителем в виде солевого расплава относятся к совершенно новому поколению безопасных ядерных реакторов, в которых может быть использовано как урановое, так и ториевое ядерное топливо. Однако внедрение ядерно-энергетических установок на основе расплавленных солей сдерживается рядом проблем, одной из которых является необходимость подбора конструкционных материалов, сохраняющих стойкость в крайне агрессивных условиях.

ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии имени И.П. Бардина» был разработан и изготовлен отечественный коррозионностойкий сплав на основе системы «Ni-Cr-Mo» с целью использования в расплавленных солях, являющихся рабочими средами для жидкосолевых реакторов. В настоящей работе осуществлено исследование его термокинетической стабильности с позиции устойчивости аустенитной матрицы на основе γ -твердого раствора.

Оценка кинетики образования выделения избыточных фаз и их морфологии возможна при искусственном старении сплавов и последующем построении диаграммы «температура – время – сенсibilизация». Для построения диаграм-

мы «температура – время – сенсibilизация» нами использован способ металлографического анализа с помощью просвечивающей электронной микроскопии образцов, состаренных при различных температурах и временах выдержки. Данный метод имеет существенное преимущество перед косвенными способами построения С-образных диаграмм, так как однозначно характеризует процесс выделения избыточных фаз.

Показано, что в ходе термического старения образования карбидных фаз по границам зерен не происходит, что должно положительно сказаться на коррозионной стойкости материала. Формирование цепочечных и коагулированных интерметаллидных фаз отмечено в диапазоне температур от 600 до 1000 °С. Методом просвечивающей электронной микроскопии идентифицированы структура вторичных фаз.

Анализ изотермической диаграммы созданного сплава позволяет подобрать максимальные температуры эксплуатации материала. Так, критическое время пребывания при температуре 600 °С составляет более 256 часов (наличие цепочек избыточных фаз отмечено после 512 ч выдержки). Снижение температуры на 50 °С позволяет значительно повысить временной интервал эксплуатации сплава со стабильной аустенитной структурой. С другой стороны повышение температуры до 700-800 °С существенным образом снижает критическое время эксплуатации.

Построенная диаграмма позволяет оценивать температурно-временные условия охлаждения материала после проведения гомогенизирующего отжига и предотвращать цепочечные выпадения вторичных фаз по границам зёрен. С позиции термической обработки необходимо отметить тот факт, что максимальное время пребывания материала при наиболее неблагоприятных условиях (750-900 °С) не должно превышать 8 часов (оптимально – не более 4 часов).

The study was financially supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of subsidizing agreement of September 29, 2014 (no. 14.581.21.0002, unique agreement identifier RFMEFI58114X0002) of the Federal Target Program “Research and Development in Priority Directions of the Progress of the Scientific and Technological Complex of Russia for the Years 2014–2020.